

⑬ Int. Cl.  
G 11 B 11/10  
5/02  
11/10

識別記号

庁内整理番号  
A-8421-5D  
T-7736-5D  
Z-8421-5D

⑭ 公開 昭和63年(1988)3月1日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 光磁気記録媒体及び光磁気記録方法

⑯ 特 願 昭61-191202

⑰ 出 願 昭61(1986)8月16日

⑱ 発 明 者 大 里 陽 一  
⑲ 出 願 人 キヤノン株式会社  
⑳ 代 理 人 弁理士 若 林 忠

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号

明 細 書

1. 発明の名称

光磁気記録媒体及び光磁気記録方法

2. 特許請求の範囲

1) 高いキュリー点 ( $T_{H1}$ ) と低い保磁力 ( $H_{L1}$ ) を有する第1磁性層と、この第1磁性層に比べて相対的に低いキュリー点 ( $T_{L2}$ ) と高い保磁力 ( $H_{H2}$ ) を有する第2磁性層と、この第2磁性層に比べて相対的に高いキュリー点 ( $T_{H3}$ ) と低い保磁力 ( $H_{L3}$ ) を有する第3磁性層とからなる三層構造の垂直磁化膜を少なくとも基板上有して成る光磁気記録媒体であって、第1磁性層と第2磁性層の磁壁エネルギーを  $\sigma_{W12}$ 、第2磁性層と第3磁性層の磁壁エネルギーを  $\sigma_{W23}$  とし、第1磁性層、第2磁性層、第3磁性層の膜厚を順に  $h_1, h_2, h_3$  とし、これらの層の飽和磁化の大きさを順に  $M_{s1}, M_{s2}, M_{s3}$  とすると、上記3つの磁性層が次の式を満たすように結合していることを特徴とする光磁気記録媒体。

$$\frac{\sigma_{W12}}{2M_{s1}h_1} > H_{L1}$$

$$\frac{\sigma_{W23}}{2M_{s2}h_2} < H_{L3}$$

2) 高いキュリー点 ( $T_{H1}$ ) と低い保磁力 ( $H_{L1}$ ) を有する第1磁性層と、この第1磁性層に比べて相対的に低いキュリー点 ( $T_{L2}$ ) と高い保磁力 ( $H_{H2}$ ) を有する第2磁性層と、この第2磁性層に比べて相対的に高いキュリー点 ( $T_{H3}$ ) と低い保磁力 ( $H_{L3}$ ) を有する第3磁性層とからなる三層構造の垂直磁化膜を少なくとも基板上有して成る光磁気記録媒体であって、第1磁性層と第2磁性層の磁壁エネルギーを  $\sigma_{W12}$ 、第2磁性層と第3磁性層の磁壁エネルギーを  $\sigma_{W23}$  とし、第1磁性層、第2磁性層、第3磁性層の膜厚を順に  $h_1, h_2, h_3$  とし、これらの層の飽和磁化の大きさを順に  $M_{s1}, M_{s2}, M_{s3}$  とすると、上記3つの磁性層が

$$\frac{\sigma_{W12}}{2M_{s1}h_1} > H_{L1}$$

$$\frac{\sigma w_2}{2Ms_2h_2} < H_{L2}$$

なる式を満たすように結合している光磁気記録媒体を使用して、次の二値の記録を行なうことを特徴とする記録方式。

- (a) 該媒体に対して、記録用ヘッドと異なる場所で、保磁力  $H_{L2}$  の第3磁性層を一方に磁化させるのに充分で保磁力  $H_{L2}$  の第2磁性層の磁化の向きを反転させることのない大きさの磁界  $B$  を加え、
- (b) 次に、記録ヘッドにより、バイアス磁界を印加すると同時に低いキュリー点 ( $T_{L2}$ ) 付近まで該媒体が昇温するだけのレーザーパワーを照射することにより、第3磁性層の磁化の向きを変えないまま第1磁性層と第2磁性層の磁化の向きを第3磁性層に対して安定な向きにそろえる第1種の予備記録か、バイアス磁界を印加すると同時に高いキュリー点 ( $T_{H2}$ ) 付近まで該媒体が昇温するだけのレーザーパワーを照射することにより、第3磁性層の磁化の向きを反転

させて、第1磁性層と第2磁性層とを共に第3磁性層に対して安定な向きに磁化する第2種の予備記録かを、信号に応じて実施し、

- (c) 次に、該媒体を運動させて、予備記録されたビットを前記磁界  $B$  を通過させることにより、第1種の予備記録により形成されたビットについては、第1磁性層、第2磁性層、第3磁性層全て磁化の向きをそのまま変化させず、

第2種の予備記録により形成されたビットについては、第3磁性層の磁化の向きを前記磁界  $B$  と同方向に反転させ、第1磁性層と第2磁性層の磁化の向きはそのまま変化させないとする、二値の記録。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、磁気カー効果を利用して読出しができるキュリー点書き込みタイプの新規な光磁気記録媒体、及びこれを使用した重ね書き可能な光磁気記録方法に関する。

#### (従来の技術)

可能とした、光磁気記録方法とを提供することを目的とする。

#### (問題点を解決するための手段)

上記の目的は以下の本発明によって達成できる。即ち、高いキュリー点 ( $T_{H1}$ ) と低い保磁力 ( $H_{L1}$ ) を有する第1磁性層と、この第1磁性層に比べて相対的に低いキュリー点 ( $T_{L2}$ ) と高い保磁力 ( $H_{H2}$ ) を有する第2磁性層と、この第2磁性層に比べて相対的に高いキュリー点 ( $T_{H2}$ ) と低い保磁力 ( $H_{L2}$ ) を有する第3磁性層とからなる三層構造の垂直磁化膜を少なくとも基板の上に有して成る光磁気記録媒体であって、第1磁性層と第2磁性層の磁壁エネルギーを  $\sigma w_1$ 、第2磁性層と第3磁性層の磁壁エネルギーを  $\sigma w_2$  とし、第1磁性層、第2磁性層、第3磁性層の膜厚を順に  $h_1, h_2, h_3$  とし、これらの層の飽和磁化の大きさを順に  $M_{s1}, M_{s2}, M_{s3}$  とすると、上記3つの磁性層が

$$\frac{\sigma w_2}{2Ms_2h_2} > H_{L1}$$

消去可能な光ディスクメモリとして光磁気ディスクが知られている。光磁気ディスクは、従来の磁気ヘッドを使った磁気記録媒体と比べて高密度記録、非接触での記録再生などが可能であるという長所がある反面、記録前に一度記録部分を消去しなければならない(一方に書き込まなければならない)という欠点があった。この欠点を補う為に、記録再生用ヘッドと消去用ヘッドを別々に設ける方式、あるいは、レーザーの連続ビームを照射しながら、同時に印加する磁場を変動しつつ記録する方式などが提案されている。

#### (発明が解決しようとする問題点)

しかし、これらの方法は、装置が大がかりとなり、コスト高になる欠点あるいは高速の変調が出来ないなどの欠点を有する。

本発明は上述従来例の欠点を除去するためになされたものであり、新規な光磁気記録媒体と、これを利用することによって、従来の装置構成に簡易な構造の磁界発生手段を付設するだけで、磁気記録媒体と同様に重ね書き(オーバーライト)を

$$\frac{\sigma w_{12}}{2M_{s1}h_1} < H_{L1}$$

なる式を満たすように結合している光磁気記録媒体と、これを使用して、次の二値の記録を行なうことを特徴とする記録方式である。

(a) 該媒体に対して、記録用ヘッドと異なる場所、保磁力 $H_{L1}$ の第3磁性層を一方方向に磁化させるのに充分で保磁力 $H_{L2}$ の第2磁性層の磁化の向きを反転させることのない大きさの磁界Bを加え、

(b) 次に、記録ヘッドにより、バイアス磁界を印加すると同時に低いキュリー点( $T_{L2}$ )付近[ $T_{L2}$ に近い温度で第1、第2磁性層の磁化の向きを均一に第3磁性層の磁化の向きに対して安定な方向に配列可能な温度]まで該媒体が昇温するだけのレーザーパワーを照射することにより、第3磁性層の磁化の向きを変えないまま第1磁性層と第2磁性層の磁化の向きを第3磁性層に対して安定な向きにそろえる第1種の予備記録か、バイアス磁界を印加すると同時に高いキュリー点( $T_{H1}$ )

付近[ $T_{H1}$ に近い温度で第3磁性層の磁化の向きを均一に反転可能な温度]まで該媒体が昇温するだけのレーザーパワーを照射することにより、第3磁性層の磁化の向きを反転させ、同時に第1磁性層と第2磁性層とを共に第3磁性層に対して安定な向きに磁化する第2種の予備記録かを、信号に応じて実施し、(c) 次に、該媒体を運動させて、予備記録されたビットを前記磁界Bを通過させることにより、第1種の予備記録により形成されたビットについては、第1磁性層、第2磁性層、第3磁性層全て磁化の向きをそのまま変化させず、

第2種の予備記録により形成されたビットについては、第3磁性層の磁化の向きを前記磁界Bと同方向に反転させ、第1磁性層と第2磁性層の磁化の向きはそのまま変化させないとする、二値の記録。

以下、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

第1図(a),(b)は各々本発明に用いる光磁気記

録媒体の一実施例を示す模式断面図である。第1図(a)の光磁気記録媒体は、ブリググループが設けられた透光性の基板B上に、第1の磁性層1と第2の磁性層2と第3の磁性層3とが積層されたものである。第1磁性層1は高いキュリー点( $T_{H1}$ )と低い保磁力( $H_{L1}$ )を有し、第2磁性層2は低いキュリー点( $T_{L2}$ )と高い保磁力( $H_{H2}$ )を有し、第3磁性層3は、高いキュリー点( $T_{H3}$ )と低い保磁力( $H_{L3}$ )を有する。ここで「高い」、「低い」とは第1・第3磁性層と第2磁性層とを比較した場合の相対的な関係を表わす(保磁力は室温における比較)。

第1磁性層と第3磁性層の間で特にキュリー点、保磁力の関係は限定されないが、好ましくは $T_{H1} \geq T_{H3}$ 、 $H_{L1} \leq H_{L3}$ である。

ただし、通常は第1磁性層1の $T_{H1}$ は150～400℃、 $H_{L1}$ は0.1～1kOe、第2磁性層2の $T_{L2}$ は70～200℃、 $H_{H2}$ は2～10kOe、第3磁性層3の $T_{H3}$ は100～250℃、 $H_{L3}$ は0.5～4kOe程度の範囲内にとるとよい。

本発明の光磁気記録媒体の、隣接する磁性層は交換力で結合しており第1磁性層1と第2磁性層2は相対的に強く結合しており、第2磁性層2と第3磁性層3は相対的に弱く結合している。

本発明の光磁気記録媒体では、第1磁性層1と第2磁性層2の磁壁エネルギーを $\sigma w_{12}$ 、第2磁性層2と第3磁性層3の磁壁エネルギーを $\sigma w_{23}$ とし、第1磁性層1、第2磁性層2、第3磁性層3の膜厚を順に $h_1, h_2, h_3$ とし、これらの層の飽和磁化の大きさを順に $M_{s1}, M_{s2}, M_{s3}$ とすると、上記3つの磁性層が次の式を満たすように結合している。

$$\frac{\sigma w_{12}}{2M_{s1}h_1} > H_{L1}$$

$$\frac{\sigma w_{23}}{2M_{s3}h_3} < H_{L3}$$

この理由については後述する。

3つの磁性層1、2、3は、最終的に記録された2種のビットの磁化状態(第2図(f)に示す状態)が安定に存在出来る様に、即ち上記の関係式

を満たすように各層の膜厚、保磁力、飽和磁化の大きさ、磁壁エネルギーなどを設定すればよい。

各磁性層の材料には、垂直磁気異方性を示し且つ磁気光学効果を呈するものが利用できるが、 $GdCo$ 、 $GdFe$ 、 $TbFe$ 、 $DyFe$ 、 $GdTbFe$ 、 $TbDyFe$ 、 $GdFeCo$ 、 $TbFeCo$ 、 $GdTbCo$ 等の希土類元素と遷移金属元素との非晶質磁性合金が好ましい。

本発明の光磁気記録媒体の他の例である第1図(b)において、4、5は3つの磁性層1、2、3の耐久性を向上させるためのあるいは光磁気効果を向上させるための保護膜である。

6は、貼り合わせ用基板7を貼り合わせるための接着層である。貼り合わせ用基板7にも、2から6までの層を積層し、これを接着すれば表裏で記録・再生が可能となる。

以下、第2図～第4図を用いて本発明の記録の過程を示す。記録前、磁性層1、2の磁化の向きと磁性層3の磁化の向きとは、平行で安定状態であっても良いし、反平行で安定状態であっても良い。

る。第1種のレーザーパワーは該ディスクを第2磁性層2のキュリー点付近まで昇温するだけのパワーであり、第2種のレーザーパワーは該ディスクを第3磁性層3のキュリー点付近まで昇温可能なパワーである。即ち、両磁性層2、3の保磁力と温度との関係の概略を示した第4図において、第1種のレーザーパワーは $T_{c2}$ 付近、第2種のレーザーパワーは $T_{c3}$ 付近までディスクの温度を上昇できる。

第1種のレーザーパワーにより第2磁性層2と第3磁性層3とは、第2磁性層2のキュリー点付近まで昇温するが、第3磁性層3はこの温度でビットが安定に存在する保磁力を有しているのでバイアス磁界を適正に設定しておくことにより、第2図(b)に示すどちらの磁化状態からも、第2図(c)の様な記録ビットが形成される(第1種の予備記録)。なお、第1磁性層1も、第2磁性層2との交換結合により図のような磁化状態となるのである。

ここで、バイアス磁界を適正に設定するとは、

第3図の35は、上述したような構成を有する光磁気ディスクである。例えば、この磁性層のある一部の磁化状態が初め第2図(a)のようになっていたとする。即ち、第2図では、記録前、第1、第2磁性層と第3磁性層との磁化の向きが平行なときに安定である場合について説明する。光磁気ディスク35はスピンドルモータにより回転して、磁界発生部34を通過する。このとき、磁界発生部34の磁界の大きさを第2磁性層2と第3磁性層3の保磁力の間の値に設定すると(磁界の向きは本実施例では上向き)、第2図(b)に示す様に第3磁性層3は一樣な方向に磁化され、一方、第2磁性層2の磁化は初めのままである。また、第2磁性層2と強く結合している第1磁性層1の磁化も初めのままである。

次に光磁気ディスク35が回転して記録・再生ヘッド31を通過するとき、2種(第1種と第2種)のレーザーパワー値を持つレーザービームを、記録信号発生器32からの信号に従って、そのどちらかのパワーでもって、ディスク面に照射す

次のような意味である。

第1種の予備記録では第3磁性層3の磁化の向きに対して安定な向きに(ここでは同じ方向に)第2磁性層2の磁化が配列する力(交換力)を受けるので、本来はバイアス磁界は必要でない。しかし、バイアス磁界は後述する第2種のレーザーパワーの予備記録では第3磁性層3の磁化反転を補助する向きに設定される。また、このバイアス磁界は、第1種、第2種どちらのレーザーパワーの予備記録でも、大きさ、方向を同じ状態に設定しておくことが好ましい。かかる観点からバイアス磁界の設定は次記に示す原理により第2種のレーザーパワーの予備記録に必要な最小限の大きさに設定しておくことが好ましい。

一方、第2種のレーザーパワーにより、第3磁性層3のキュリー点近くまでディスクを昇温させる(第2種の予備記録)と、上記のバイアス磁界により第3磁性層3の磁化の向きが反転する。続いて第2磁性層2と第1磁性層1の磁化も第3磁性層3に対して安定な向きに(ここでは同じ方向

に) 配列する。即ち、第2図(b)のどちらの磁化状態からも第2図(d)のような記録ビットが形成される。

このように、バイアス磁界と、信号に応じて変わる第1種及び第2種のレーザーパワーとによって、光磁気ディスクの各箇所は第2図(c)か(d)の状態に記録されることになる。

次に光磁気ディスク35を回転させ、記録ビット(c)、(d)が磁界発生部34を再び通過すると、磁界発生部34は前述したように第2磁性層2と第3磁性層3の間に設定されているので、記録ビット(c)は、変化が起ころずに(e)の状態である。一方、記録ビット(d)は第3磁性層3が磁化反転を起こして(f)の状態になる。

(f)の記録ビットの状態が安定に存在する為には、前記したように

$$\frac{\sigma w_{12}}{2Ms_1h_1} > H_{c1}$$

$$\frac{\sigma w_{23}}{2Ms_2h_2} < H_{c2}$$

$< H_{c2}$ であればよい。

なお、第2磁性層2と第3磁性層3は記録時に交換力による有効なバイアス磁界が働くように、交換結合をしていることが必要であるが、あまり強い結合をしていると上式を満たせない、即ち、(f)の記録状態のビットが安定に存在できない。そこで、本発明の光磁気記録媒体を作成する際、第3磁性層3の保磁力を磁界発生部での磁界よりも小さい範囲で比較的大きな値に設定し、交換結合が大きな場合には、第3磁性層の組成を最適化するか、あるいは第2磁性層2と第3磁性層3の間に数〜数千Åの中間層を設けること(これは第2磁性層2をスパッタで設けた後に第2磁性層2の構成材料と反応しやすいガス分子、プラズマにさらすか、あるいはターゲットより誘電体をスパッタして誘電体層を設けることにより達成できる)により交換結合の大きさを最適化できる。

本発明の記録方法では、記録ビットの状態(e)と(f)は、記録時のレーザーのパワーで制御され、記録前の状態には依存しないので、重ね書き

となっていることが可能である。これは次のような理由による。

$\sigma w_{12} / 2Ms_1h_1$ は第1磁性層に働く交換力の強さを示す。つまり $\sigma w_{12} / 2Ms_1h_1$ の大きさの磁界で第1磁性層の磁化の向きを、第2磁性層の磁化の向きに対して安定な方向へ(この場合は同じ方向に)向けようとする。そこで第1磁性層の磁化が常に第2磁性層の向きに対して安定な方向(この場合は同じ方向に)に向いている為には、第1磁性層の保磁力 $H_{c1}$ が、この交換力より小さければよい。つまり $\sigma w_{12} / 2Ms_1h_1 > H_{c1}$ であればよい。

また $\sigma w_{23} / 2Ms_2h_2$ は第3磁性層に働く交換力の強さを示す。つまり $\sigma w_{23} / 2Ms_2h_2$ の大きさの磁界で第3磁性層の磁化の向きを第2磁性層の磁化の向きに対して安定な方向へ(この場合は同じ方向に)向けようとする。そこで第3磁性層がこの磁界に対して磁化が反転しない為には(第2図(f)の記録ビットが安定に存在する為には)、第3磁性層の保磁力を $H_{c2}$ として $\sigma w_{23} / 2Ms_2h_2$

(オーバーライト)が可能である。記録ビット(e)と(f)は、再生用のレーザービームを照射し、再生光を記録信号再生器33で処理することにより、再生できる。再生信号の大きさ(変調度)は主として第1磁性層の光磁気効果に依存する。このことと、本発明の記録方法において使用される3つの磁性層を有する媒体の、再生光が入射する第1磁性層1にはキュリー温度の高い材料(即ち、光磁気効果の大きな材料)を使用できることから、本発明では再生信号の大きい(変調度の大きい)記録が可能となる。

第2図の説明では第1磁性層1・第2磁性層2と第3磁性層3との磁化の向きが平行なときに安定な例を示したが、これらの磁化の向きが反平行のときに安定な磁性層についても同様に考えられる。第5図に、この場合の記録過程の磁化状態を第2図に対応させて示しておく。

(実施例)

4元のターゲット源を備えたスパッタ装置内に、プリグループ、プリフォーマット信号の列ま

れたポリカーボネート製のディスク状基板を、ターゲットとの間の距離10cmの間隔にセットし、回転させた。

アルゴン中で、第1のターゲットより、スパッタ速度 100 Å/min、スパッタ圧  $5 \times 10^{-3}$  Torrで ZnS を保護層として800 Åの厚さに設けた。

次にアルゴン中で、第2のターゲットよりスパッタ速度 100 Å/min、スパッタ圧  $5 \times 10^{-3}$  Torrで GdFeCo合金をスパッタし、膜厚 400 Å、 $T_{H1}$  = 約 350°Cの GdFeCoの第1磁性層を形成した。この第1磁性層自身の $H_{L1}$ は約500 Oe以下であり、副格子磁化は遷移金属の方が大きかった。

次に同様な条件で、第3のターゲットよりTbFe合金をスパッタし、膜厚 400 Å、 $T_{L2}$  = 約 140°Cの TbFeの第2磁性層を形成した。この第2磁性層自身の $H_{H2}$ は約5000 Oe以上であり、副格子磁化は遷移金属の方が大きかった。

次に同様な条件で第4のターゲットよりGdTbFeCo合金をスパッタし、膜厚300 Å、 $T_{H3}$  = 約260°Cの GdTbFeCoの第3磁性層を形成した。この第3

イトが可能であることが確認された。

第2磁性層と第3磁性層の交換力 $\sigma_{23}/2Ms_2h_2$ を調整するためには、例えば第2磁性層形成後、第3磁性層を形成するまでの時間を変える方法によっても可能である。

第2磁性層形成後、第3磁性層を形成するまでの時間を30秒、30分、3時間と変化させたところ、 $\sigma_{23}/2Ms_2h_2$ の値はそれぞれ1.0 KOe、0.7 KOe、0.4 KOeと時間を長くするほど小さくすることができた。

(発明の効果)

以上詳細に説明したように光磁気媒体として、高いキュリー点( $T_{H1}$ )と低い保磁力( $H_{L1}$ )を有する第1磁性層と、この第1磁性層に比べて相対的に低いキュリー点( $T_{L2}$ )と高い保磁力( $H_{H2}$ )を有する第2磁性層と、この第2磁性層に比べて相対的に高いキュリー点( $T_{H3}$ )と低い保磁力( $H_{L3}$ )を有する第3磁性層とからなる三層構造の磁性層を有する媒体を用い、記録時に、記録ヘッドと別位置に磁界発生手段を設け、2個

磁性層自身の $H_{L3}$ は約500 ~ 1500 Oeであり、副格子磁化は希土類金属の方が大きかった。

次に同条件で第1のターゲットより、ZnS をスパッタし、保護層として2000 Åの厚さのZnS層を設けた。

次に上記の膜形成を終えた基板を、ホットメルト接着剤を用いて、ポリカーボネートの貼り合わせ用基板と貼り合わせ光磁気ディスクを作成した。この光磁気ディスクを記録再生装置にセットし、2 KOeの磁界発生部を、線速度約 7 m/sec で通過させつつ、約 1  $\mu$ に集光した 830 nmの波長のレーザービームを50%のデューティで2 MHzで変調させながら、4 mWと8 mWの2値のレーザーパワーで記録を行なった。バイアス磁界は150 Oeであった。その後 1 mWのレーザービームを照射して再生を行なったところ、2値の信号の再生ができた。

次に、上記と同様の実験を、全面記録された後の光磁気ディスクについて行なった。この結果前に記録された信号成分は検出されず、オーバーラ

レーザーパワーで記録することにより、重ね書き(オーバーライト)が可能になった。

また、本発明の記録法で用いる記録媒体の、主に再生に利用される磁性層は、光磁気効果の大きい材料から選び得るので、結果として本発明により記録されたビットは再生信号が大きいという利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a),(b)は各々本発明で使用する光磁気媒体の一例の構成を示す図、第2図は、本発明の記録法を実施中の、磁性層1, 2, 3の磁化の向きを示す図、第3図は、記録・再生装置の概念図、第4図は第2磁性層2と第3磁性層3の保磁力と温度との関係を示す概略図である。第5図は本発明の他の実施例における磁性層の磁化状態を示す図である。

B: プリグループ付の透光性基板、

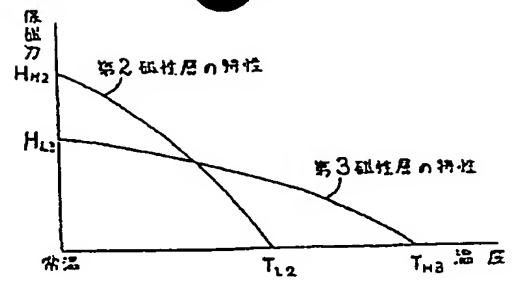
1, 2, 3: 磁性層

4, 5: 保護層、

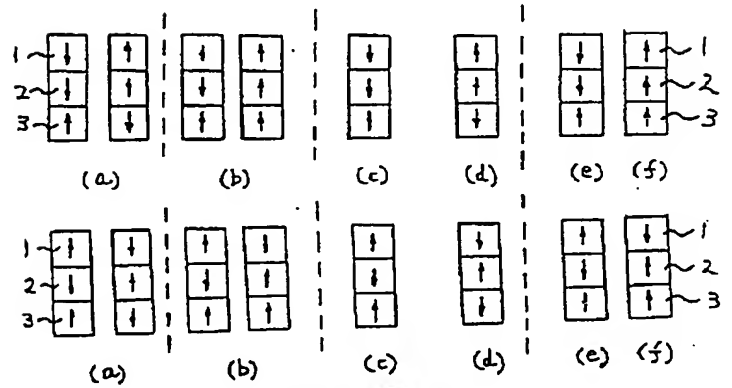
6: 接着層、

- 7: 貼り合わせ用基板、  
 31: 記録・再生用ヘッド、  
 32: 記録信号発生器、  
 35: 光磁気ディスク、

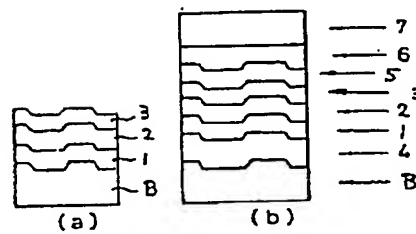
特許出願人 キヤノン株式会社  
 代理人 若 林 忠



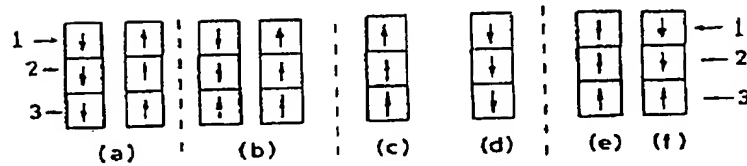
第 4 図



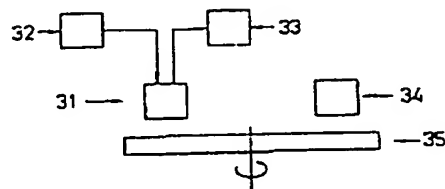
第 5 図



第 1 図



第 2 図



第 3 図

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS.**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**